

高阻隔铝塑袋-集装袋自动化复合工艺及装备研发

牛虎利, 王浩*, 张嘉钰
(河北科技大学 机械工程学院, 石家庄 050018)

摘要: **目的** 针对高阻隔性铝塑袋与集装袋复合成型, 传统制备工艺效率低下以及加工精度标准差等问题, 研发了高阻隔包装袋复合新工艺, 并设计了将二者自动复合成型的专用机械装备。**方法** 基于模块化设计的原则, 通过对生产线的各个工段进行细致的三维建模研究, 各部分达到最佳协同效果, 之后进行样机调试优化。**结果** 解决了大型柔性袋自动输送加工难题, 经试验, 新工艺与原工艺相比连接强度提升2~3倍、生产效率提升5倍, 中线偏差精度控制在10 mm之内。**结论** 该自动复合成型装备结构合理, 保证加工质量的前提下大大解放劳动力, 为柔性包装行业及其他类型生产线设计提供可参考案例。

关键词: 铝塑袋; 集装袋; 粘合; 工艺装备

中图分类号: TH122

文献标志码: A

文章编号: 1001-3563(2024)19-0291-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.19.029

Automated Composite Process and Development of High Barrier Aluminum Plastic Bag-Container Bag

NIU Huli, WANG Hao*, ZHANG Jiayu

(School of Mechanical Engineering, Hebei University of Science and Technology, Hebei Shijiazhuang 050018, China)

ABSTRACT: In order to solve the problem that the traditional preparation process is inefficient and the standard of processing accuracy is poor in the composite molding of high barrier aluminum plastic bags and container bags, the work aims to develop a new process of composite high barrier packaging bags and design a special mechanical equipment for automatic composite molding of the two bags. Based on the principle of modular design, through the detailed three-dimensional modeling study of each section of the production line, each part achieved the best synergistic effect, and then the prototype was debugged and optimized. The difficulty of automatic conveying and processing of large flexible bags was solved. Through experiments, compared with the original process, the new process improved the connection strength by 2~3 times, the production efficiency by 5 times, and controlled the center line deviation accuracy within 10 mm. The automatic composite molding equipment has a reasonable structure, ensuring the processing quality under the premise of greatly liberating the labor force and providing reference cases for flexible packaging industry and other types of production line design.

KEY WORDS: aluminum plastic bags; container bags; bonding; process equipment

超细纳米粉末主要应用于特种涂料、复合材料、航空航天、机械、化工、生物工程、医药、农业等各个行业^[1], 随着纳米技术的不断发展, 其应用领域还将不断扩大。这致使其存储和运输过程要满足防潮、避光、密封、吊装等要求, 需要专用的包装存储容器

进行储存。经过研究发现, 铝塑复合袋具备良好的性能^[2-3], 但其运输困难, 需在外侧附加集装袋^[4]进行吊装运输。高阻隔性铝塑集装袋采用热熔胶水^[5-7]粘合的方法固定在一起, 尼龙集装袋与内膜铝塑复合袋具有柔软、大型且形状复杂的特点, 企业内依旧采用传

统手工作业制备,工人采用内袋边条喷胶粘合、边条与外袋缝纫复合等方法,该制备方法可能存在内外袋连接强度差、加工精度一致性差、对工人操作技术要求高、生产效率低、工人劳动强度大等问题。为此,迫切需要研发高阻隔包装袋复合新工艺及装备,完成内外袋定向输送、内袋拖拽涂胶、外袋吸合、整体自动码垛等新研发工艺。

柔性双层袋复合成型设备在包装行业中,特别是在需要高效率、高准确度和高自动化的生产环境中,具有独特的作用和应用价值。国外的包装机械行业在技术水平和产业规模上较为发达,积累了丰富的研发和生产经验,但目前该领域在柔性双层袋复合成型相关设备的研究上还存在一定的空白,可能限制了相关技术的进一步发展和应用^[8]。在我国包装行业中,双层袋自动复合生产线的包装设备相较于其他行业滞后。尽管市场上的套袋机已经逐渐摆脱了纯手工的制作方式,但多数设备仍然停留在半自动化和初级全自动化的阶段。这些设备在稳定性、生产效率和产品质量方面存在明显不足,亟待进一步的技术创新和改进^[9]。因此,对于包装机械行业来说,加强双层袋自动复合成型设备的研究和开发,不仅有助于填补行业的技术空白,还能够提升整体的技术水平和市场竞争力。

针对我国包装机械行业的现状,确实存在技术水平相对较低以及生产线集成度不高等显著问题,学者们也进行了相关研究。段海峰等^[10]设计了用于汽车皮革零部件粘合的设备,以改善汽车皮件粘接工作的自动化程度。杨超等^[11]基于 TRIZ 理论对套袋机中的套袋装置进行了优化设计。陈昌伟^[12]用真空吸盘对非覆膜热切编织袋开口进行相关研究,为真空抓取编织袋自动上料提供了参考。本文设计了一条基于新工艺的自动上料、套袋、胶装、下料码垛的自动生产线,提升内外袋复合加工质量,促进行业信息化、数字化制造水平。

1 铝塑集装袋自动复合整体方案设计

1.1 包装袋制备标准要求

本设备针对铝塑袋与集装袋复合为研究对象展

开探究,如图1所示,其中铝塑复合袋整体尺寸长为3 500 mm,宽为1 000 mm;尼龙编织袋长为1 100 mm,宽为1 600 mm。成品袋复合成型要求内外袋中线偏差 ≤ 10 mm。

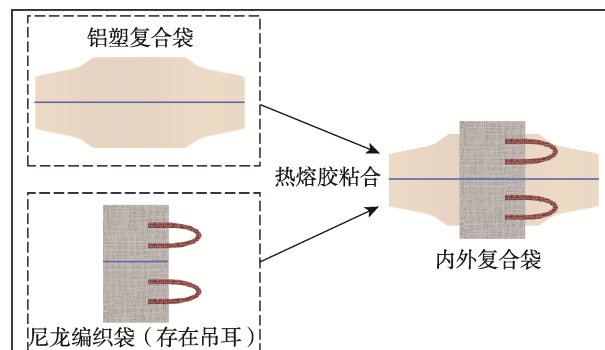


图1 铝塑袋-集装袋整体复合原理图
Fig.1 Schematic diagram for overall composite molding of aluminum plastic bag-container bag

1.2 工艺流程设计

复合成型设备的整体设计,是基于对工艺需求深入分析之后做出的。只有清楚了解工艺要求,才能确保所设计的包装机械能够满足生产过程中的具体需求,从而达到提高效率、降低成本以及优化产品质量的目的。该设备使用模块化设计理念,依据各功能标准化制作模块,设计理想的产品设备。编织外袋与铝箔内袋胶合方案通过吸附抓取,分别将内外袋送到指定位置进行胶合下料,各工序实现自动化,不许人工进行操作。其基本工艺流程如图2所示。

2 铝塑袋-集装袋智能复合成型设备总体设计

2.1 工艺流程设计

与刚性物体不同,铝塑复合袋和尼龙编织袋整体呈现柔软、易变形等特点,以致不便夹紧和固定,传递难度大。设计方案的机械结构主要由内袋上料装置、喷胶装置、外袋上料装置、吸合装置、内袋抓取

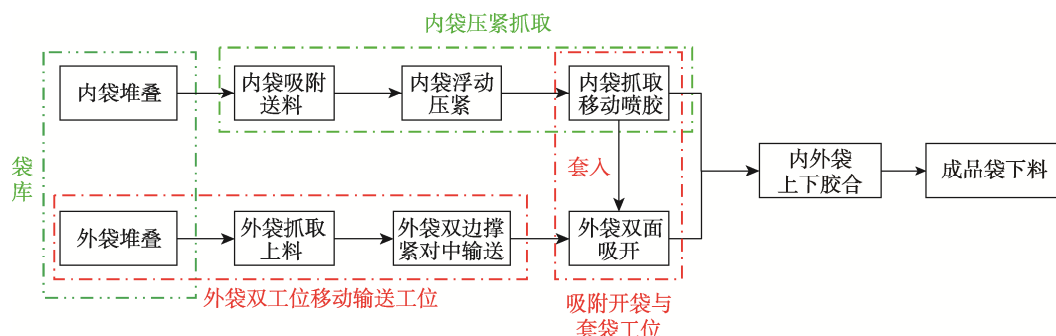


图2 内外袋自动复合工艺流程
Fig.2 Flow chart of automatic composite process for inner and outer bags

装置和成品袋下料装置组成。各部分及各工位执行不同的功能, 保证整体工作完整。图 3 为该整体设备各工位的布置示意图。

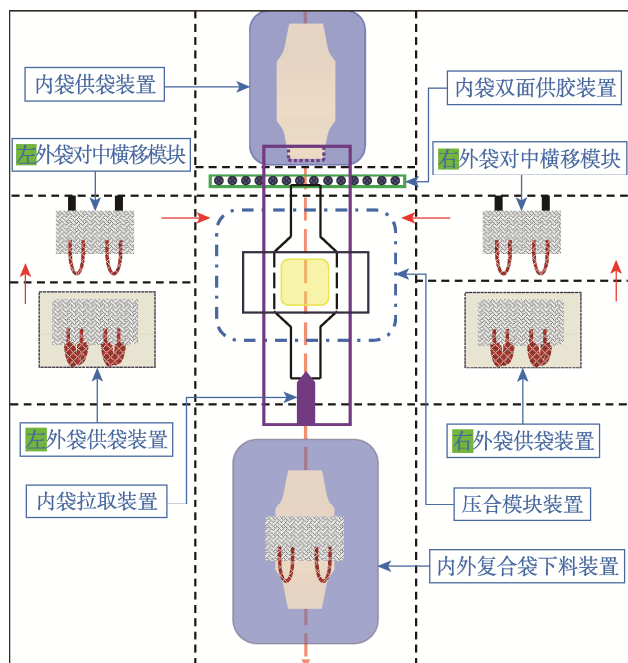


图 3 整体设备各工位规划布置

Fig.3 Each station planning layout of overall equipment

为节省更多时间, 加快生产效率, 设计了外袋双料仓供袋方案, 人工分别将内袋、外袋料仓内放置该批次加工对象。首先左、右外袋上料装置将尼龙编织袋上平面吸开并水平移动套中对中横移机构, 左外袋对中横移机构横移到中间工作位置, 右外袋上料仓等待左外袋对中横移机构退回原位; 完成后, 压合机构带动海绵吸盘组将尼龙编织袋上下两层反向吸开至开口位, 同时铝塑袋上料至等待位置; 内袋拉取装置通过尼龙编织袋内部抓取内袋, 浮动压辊机构将内袋压紧; 喷胶装置进行双面喷胶, 通过水平拖动内袋到外袋中位; 压合机构整体水平压合, 完成后继续拖拽内外复合袋至平台下料区; 成品袋下料装置吸附成品袋移动到码垛区, 至此完成一个铝塑袋—集装袋复合成型循环。

2.2 集装袋上料模块设计

通过对外袋表征分析, 从工艺出发设计外袋上料装置, 该部分由外袋吸附上料装置、外袋对中移位装置两大部分组成。

2.2.1 外袋吸附上料装置设计

该部分装置需要完成编织袋开袋和整体套袋, 因此装置设计时需做到编织袋开袋、放置仓上表面调平、水平输送。外袋吸附上料装置由水平皮带模组、垂直丝杆模组、高度传感器、缓冲真空吸盘、尼龙编织袋、外袋调平装置组成, 其结构如图 4 所示。

外袋承放仓内放置 80 个外袋, 但由于存在编织吊带的的原因, 叠放在一起整体呈现斜面, 为保证单个外袋上表面水平, 添加了 2 个超声波传感器检测编织袋中间高度与无吊带一端的高度差, 根据叠放外袋整体重量, 经计算选用 NMS 65-8 F5-200-DJ-P1.2-750 W-Z-J 型电动缸升降来调节水平, 其最大推力为 350 N, 运行速度为 200 mm/s, 满足设计, 该调平装置最大可调节角度为 25°。为实现外袋整体平稳吸附上料, 前期通过相关公式^[13-15]计算并进行实验设计, 得出 0.5 MPa 压力下 EV-25 真空发生器数量与 Ø32 mm 真空吸盘数量配比 1:4, 吸盘数量为 16 个, 确定了抓取编织袋时真空度大小不得 > -45 kPa 临界值, 平稳吸附通过垂直模组和水平模组将悬垂开口外袋套入对中移位装置。

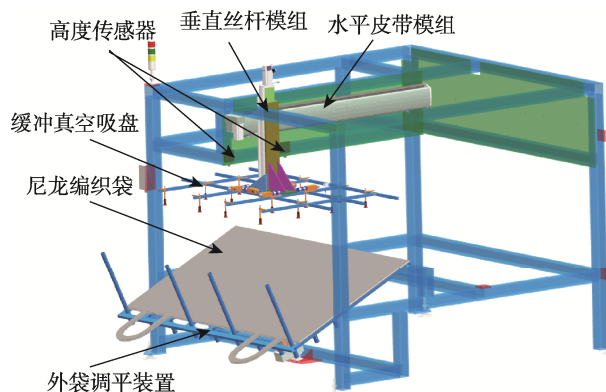


图 4 编织袋吸附上料装置

Fig.4 Woven bag adsorption loading device

2.2.2 外袋撑紧对中移位模块设计

针对外袋大尺寸输送难等问题, 经过多方案讨论, 设计了撑紧对中移位装置, 该装置主要包括双滑台模组、回转长轴、同步带轮、步进电机、缓冲机构等, 如图 5 所示。通过上料装置将柔软的外袋内部套入 2 根回转轴上, 为使外袋上料吊耳始终处于统一位置, 需要该机构自动找到中间位置。由于袋体柔软需要撑紧才能进行回转, 所以双滑台模组相对运动带动 2 根回转装置将外袋两端撑紧, 对双边预紧力通过缓冲机构中的压力弹簧钢计算, 见式 (1)。

$$F = kx = \frac{(G \times d^4)}{8 \times D_m^3 \times N_c} x \quad (1)$$

式中: d 为弹簧线径, mm; G 为线材的刚性模数; D_m 为中径, mm; N_c 为有效圈数; N 为总圈数。

将选定弹簧参数代入计算可得 $k=0.917$ kgf, 该撑紧边压缩弹簧移动距离 20 mm, 最终需要预紧力 $F=179.73$ N。通过实际安装浮动机构, 使用拉力器拉紧一侧移动同样距离的预紧力平均数值为 95 N, 对于一侧放置 2 组浮动机构, 则其一端预紧力为 190 N, 该值与理论计算值基本贴合, 试验良好。

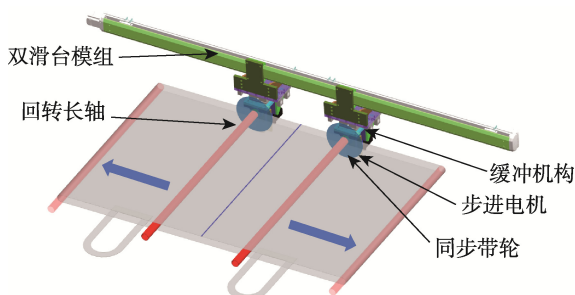


图5 袋对中移位装置
Fig.5 Bag centering and shifting device

设置外袋中线处有蓝色线条，步进电机此时带动回转轴通过底部色带传感器检测到中间蓝色中线，此时外袋已经处于输送中间位置。

2.3 内袋抓取模块与成品袋下料模块设计

内袋抓取装置主要由直线模组、弧形保护罩、内袋感应器、夹紧机械手等组成。成品袋下料装置主要包括滑动导轨、海绵吸盘、下料检测器、滑动气缸等，如图6所示。

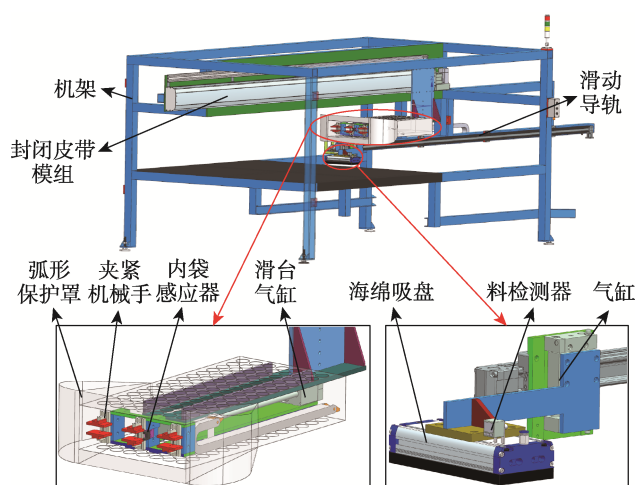


图6 内袋抓取模块与成品袋下料模块
Fig.6 Inner bag gripping module and finished bag unloading module

内袋通过上料装置送达指定位置，压合装置上的海绵吸盘组将撑紧的外袋上下吸开，此时直线模组带动内袋抓取装置向前移动，通过弧形保护罩顺利通过编织袋内部，因吊带的原因设计了弧形保护罩，一方面解决了内部进行抓取内袋时对平整外袋的干涉，另一方面具有撩吊带的作用。装置进入被吸开的外袋内部以后，装置内部的RMT滑台气缸推动3组HFZ手指气缸伸出，手指气缸实现对内袋的夹持，手指气缸抓取内袋前端后滑台气缸与直线模组相应退回，工艺中内袋抓取过程处于悬空涂胶，所以通过内袋上料装置中的压紧胶辊压住柔软内袋后端，实现平稳整体悬空，其受力示意图如图7所示。

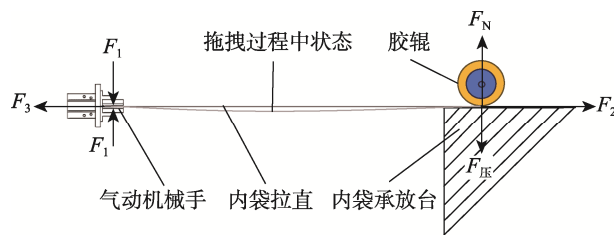


图7 内袋拖拽受力示意图
Fig.7 Schematic diagram of dragging force on inner bag

手指气缸的选用对内袋抓取起决定性作用，本文选用HFZ32CL型手指气缸。在实际操作中，手爪的夹紧力应比各作用力之和大，以保证内袋工作时能稳定夹紧输送的夹紧力 F_1 ，见式(2)。

$$F_1 = P \times A \times \mu_1 \quad (2)$$

后端压紧力 F_2 可以看作是使2个物体紧密接触并保持这种状态的力。在胶辊压紧的情境中，这个力需要克服胶辊与接触面之间的摩擦力，以确保它们之间的稳定接触。因此，选取适合的摩擦因数^[16-18]，可以从摩擦力的角度来考虑压紧力的计算。基本的摩擦力公式见式(3)。

$$F_2 = \mu_2 \times F_N \quad (3)$$

式中： P 为气缸输出压力，Pa； A 为活塞面积， m^2 ； μ_1 为摩擦因数0.1~0.3，取0.2； μ_2 为胶辊与内袋表面摩擦因数0.58~0.7，取0.6； μ_3 为夹紧内袋摩擦因数0.3~0.5，取0.5； F_N 为胶辊对内袋的正压力，N。

经过计算知 $F_1=360\text{ N}$ ， $F_2=90\text{ N}$ 。所以通过计算水平拖拽力 $F_3=\mu_3 \times F_1=180\text{ N}$ ，可知水平夹紧力 F_3 大于胶辊压紧力 F_2 。

当内袋涂胶区域进入吸开外袋位置后，压合装置进行整体平整度贴合，内外袋整体粘合，直线模组带动机械手继续拖拽，使成品袋脱离横移装置2根回转轴，此时内部滑台气缸缩回，机械手松开，整体落在下料区域。成品袋下料装置通过滑动导轨带动海绵吸盘，通过小型滑动气缸升降，将成品袋拖拽到码垛车仓内。

2.4 内袋上料模块设计

内袋上料装置由RMTL、RMT滑台气缸、胶辊、CFT、CFS模组、吸具、旋转台、挡胶板及传感器等组成，如图8所示。内袋上料装置要实现将内袋从内袋上料仓内单个分离上料并整体对中移送至抓取区域上，内袋的送料要求控制对中误差精度，将整个内袋运送到台面中心，机械手抓取时保证处于正中间位置。由于内袋质地更为柔软，采用小型波纹负压吸盘难以保证上料时头部平整以及负压过大容易对内袋造成损伤，所以采用有保护的KVGP 130-712 V-3 F 20-A海绵吸具（内置真空发生器），两通阀采用VZ210HA。为保证对中上料，采用双色带传感器进行内袋中线检测，通过旋转台对齐中线，再由XYZ模组运动将带有中

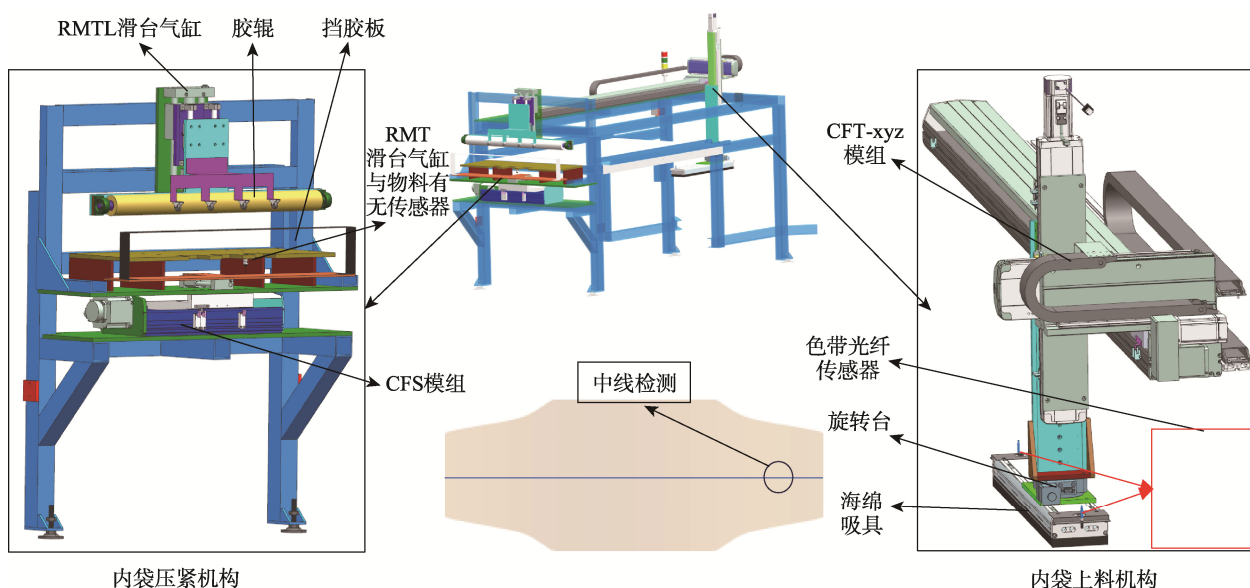


图 8 内袋上料模块
Fig.8 Inner bag loading module

线的内袋运动到指定位置。内袋压紧机构是配合内袋抓取装置来完成整个运动,通过物料有无传感器检测到内袋后,RMTL 滑台气缸带动胶辊下降压紧内袋,为防止内袋出现翘边机械手抓取失败,设置了 4 个小压紧边轮共同压紧,胶辊下压时为保护内袋,整体胶辊接触内袋部分其硬度(邵氏)为 60°。机械手成功抓取后,移动到指定位置停止,此时内袋上下两面已完成涂胶,RMT 滑台气缸带动挡胶板伸出防止滴胶影响后续工艺。上料运动过程中压紧摩擦导致中线偏差,为解决此问题,安装了 2 个检测传感,检测高度为 60 mm;2 个光纤传感器中心距为 60 mm,此时内袋处于悬空状态,纠偏模组与下压辊共同带动后端左右移动,计算中线偏移量,通过检测传感器反馈完成对中。

2.5 吸合模块设计

吸合装置主要由垂直模组、长条海绵吸具、高压风机等配件组成,如图 9 所示。根据生产工艺要求内袋喷胶区域长×宽为 1 000 mm×900 mm,使最终黏合整体区域具有良好的平整度,选用了真空海绵吸具,可实现对编织袋外袋吸附并保持整体粘合区域的平整,其底部设置了柔软的海绵,可以更好地保护吸附的外袋表面。其工作原理是通过 2 条垂直模组带动 7 组海绵吸盘升降运动,设计单个 KVGP 130-1000-F 20-A 海绵吸具尺寸为 1 000 mm×130 mm。因为内袋抓取装置需要通过外袋内部进行抓取,所以外部弧形保护罩为内部抓取机械手以规避编织袋吊带,垂直模组最大移动距离为 200 mm,编织外袋上下表面吸开间距为 400 mm,保证内袋抓取装置顺利通过。该处长条海绵吸具外接风机,驱动流量为 100 m³/h,接口管径为 $\phi 50$ mm,7 组吸具使用串联方式连接,考虑

到吸附时尼龙编织袋表面泄漏系数较大以及连接管道管线损耗,最终选择高压风机型号 2RB 720-7HH57,功率为 7.5 kW。

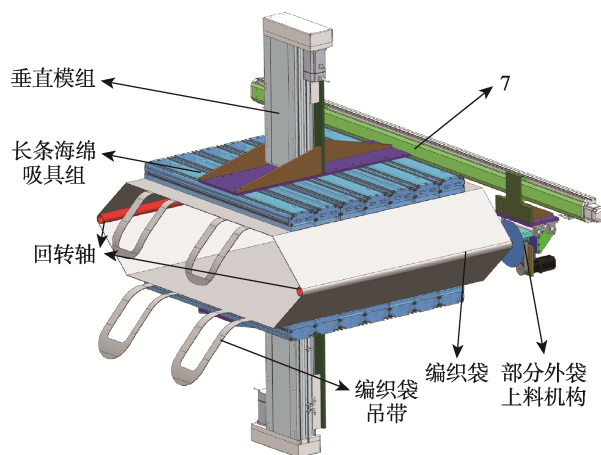


图 9 吸合模块
Fig.9 Suction module

2.6 喷胶模块设计

喷胶装置主要包括 30 L 热熔胶机、喷胶组等,如图 10 所示。根据喷涂工艺要求,喷涂区域长×宽为 1 000 mm×900 mm,内袋由上料装置输送到指定位置,抓取机械手抓取后匀速拖拽内袋,此时内袋逐步悬空,检测到位后上下喷胶口开始喷胶,为使热熔胶涂抹均匀,设定拖拽速度为 200 mm/s,喷涂完成后挡胶板伸出挡住胶口,完成该工艺动作。

为获得良好的粘结效果,对胶接材料的种类、胶接面的外形等选择适宜的熔融黏度(或熔融指数)的热熔胶^[19-20],根据熔融指数(MI)与熔融黏度(MV)

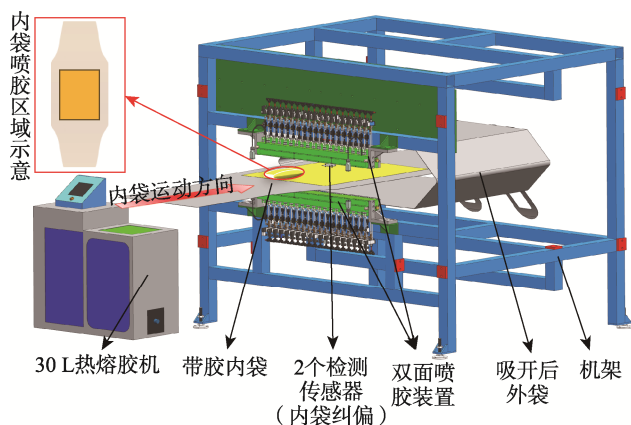


图10 喷胶模块

Fig.10 Glue spraying module

可以相互换算,其换算公式见式(4)。

$$MV = \frac{78 \times 10^5}{MI} = \text{mPa} \cdot \text{s} = \frac{78 \times 10^2}{MI} \text{Pa} \cdot \text{s} \quad (4)$$

根据上式可知,熔融指数(MI)与熔融黏度(MV)成反比关系,而黏度和粘合力并非线性关系,熔融指数越大熔融黏度降低,粘合力提高,黏度过低也容易影响粘合力。因此设定热熔胶机中热熔胶融化温度180℃并保持,设定对应变频器输出频率为20.0 HZ,胶泵转速设定为800 r/min,气压0.6 MPa,根据热熔胶固化曲线可知热熔胶的固化过程如图11所示。晾置时间是指从涂胶起,经过一段有效露置至将被胶接物压合的时间,并经过固化后有较好的胶接性能,超过这段时间,胶接性能大大下降,所以带有胶水的铝塑袋与集装袋压合时间为1 s。

2.7 整体传动系统及各部工艺原理

为确保设备的各个部件均得以精确且稳固地相

连,以实现设备的整体性能最优化。将铝塑袋与编织袋放入料仓,各自通过上料部分送入传送部分,接着内袋抓取部分抓取内袋向外拖拽的同时喷胶部分喷涂内袋,再由吸合部分将内外袋充分粘合,完成后推入下料台面,下料部分继续传送带码垛区域,实行整体叠放,具体运动系统的工作原理细节如图12所示。配备了一套合适的自动化控制系统,该设备便能够顺利且高效地运转起来。

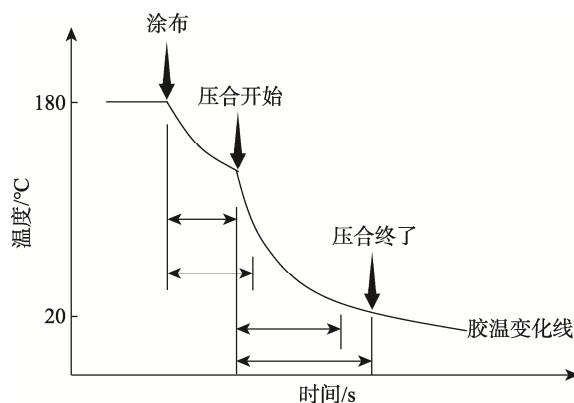


图11 180℃热熔胶固化曲线

Fig.11 Hot melt adhesive curing curve at 180℃

3 实验与验证

为了验证该复合成型设备的运行稳定情况,在工厂内整体装配后经过调试正常运转,如图13所示。

通过自动化程序调试进行成型试验并依据结果优化系统加工参数,设定设备各部分参数为胶水温度180℃、内袋拖拽速度200 mm/s、变频器输出频率为20.0 HZ、压合时间1 s。首先生产了一批10个复

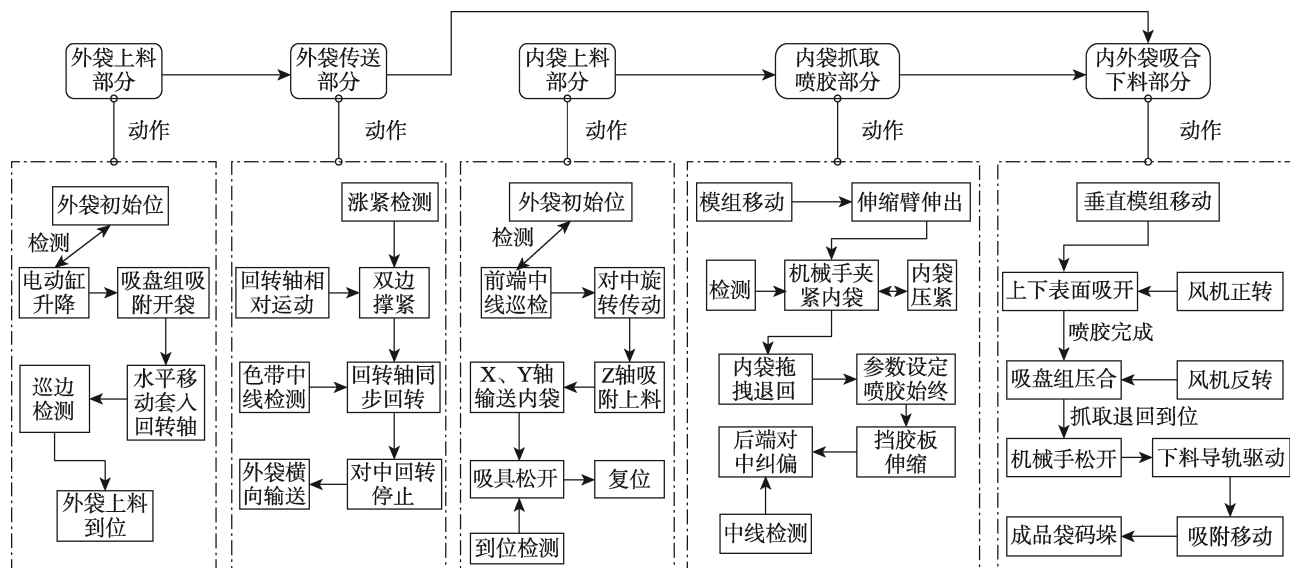


图12 铝塑袋-集装袋复合成型工作原理

Fig.12 Composite molding working principle of aluminium plastic bag-container bag

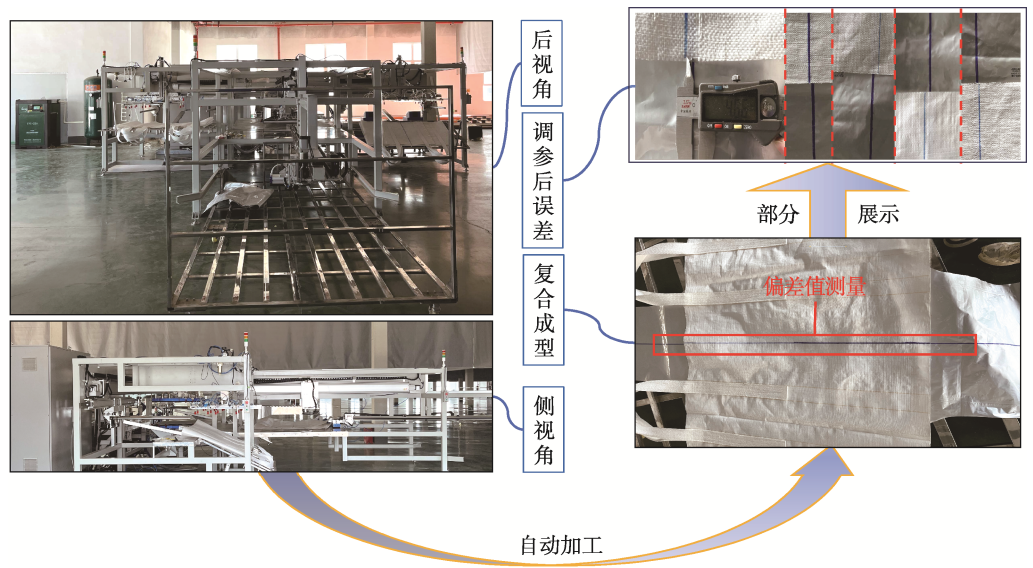


图 13 复合成型装备实物图
Fig.13 Physical drawing of composite molding equipment

合成型的成品袋,测量内铝塑袋与外编织袋中线偏差值并记录,然后通过偏差数值调整系统误差,在复合10个用同样方法测量中线偏差,结果如表1所示。

表 1 内外袋复合中线偏差值		
Tab.1 Composite center line deviation value of inner and outer bags		
样本	调整前	调整后
	内外袋中线偏差值/mm	内外袋中线偏差值/mm
1	17	5
2	23	6
3	12	6
4	5	2
5	30	0
6	9	4.6
7	20	2
8	18	1
9	7	1
10	14	4
平均值	15.5	3.16

由表1可以看出,经过调整优化系统内误差后,整体中线偏差值均在规定误差范围内,最后将调整后压合的成品袋进行拉伸剪切试验并取平均值。结果表明,该设备生产的自动复合袋产品强度满足该企业要求。

4 结语

对于传统铝塑袋—编织袋复合成型的制作方法,本文研发了内外袋复合成型新工艺,并从工艺的角度

出发,提出对于柔性袋自动化输送复合成型的解决方案,研制出第一台全自动柔性袋内外复合成型的加工生产线。复合袋经连接强度实验验证,与原工艺相比,连接强度提升2~3倍、生产效率提升5倍。该复合生产线展现了高度的自动化性能,操作简便直观,预示着其广阔的应用前景。同时,它也为其他类型的生产线设计提供了极具价值的参考与借鉴。

参考文献:

[1] NIE M, ZHANG L Y, JIANG C Y, et al. New Energy and New Power – the Prospect of Increasing Use of Polymers in Fuel Cells[J]. *Plastics, Rubber and Composites*, 2016, 45(1): 31-42.

[2] ISKANDAR F. Nanoparticle Processing for Optical Applications – a Review[J]. *Advanced Powder Technology*, 2009, 20(4): 283-292.

[3] 陈伟, 雷中伟, 冯绍辉, 等. 软封装锂电池铝塑膜成形性能研究进展[J]. *包装工程*, 2022, 43(9): 22-30.

CHEN W, LEI Z W, FENG S H, et al. Research Progress on Forming Performance of Aluminum-Plastic Laminated Film for Soft Encapsulated Lithium-Ion Batteries[J]. *Packaging Engineering*, 2022, 43(9): 22-30.

[4] 高翔. 大宗散货包装——集装袋的安全性评估[J]. *包装工程*, 2011, 32(21): 123-125.

GAO X. Security Assessment of FIBCs for Packaging of Bulk Cargo[J]. *Packaging Engineering*, 2011, 32(21): 123-125.

[5] 陈立鹤. 尼龙网格与PET镀铝膜粘接复合及性能研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2018.

CHEN L H. Study on the Adhesion of Nylon Grid with

- VMPET Film and Its Properties[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2018.
- [6] 胡满钰, 金肖克, 田伟, 等. EVA 热熔胶膜层压复合织物的热压工艺及其结构[J]. 现代纺织技术, 2023, 31(4): 173-182.
- HU M Y, JIN X K, TIAN W, et al. Hot-Pressing Process and Structure of Laminated Composite Fabrics with EVA Hot-Melt Adhesive Films[J]. Advanced Textile Technology, 2023, 31(4): 173-182.
- [7] KUO C F J, LAN W L, WANG J W, et al. Hot-Melt Pressure-Sensitive Adhesive for Seamless Bonding of Nylon Fabric Part II: Process Parameter Optimization for Seamless Bonding of Nylon Fabric[J]. Textile Research Journal, 2019, 89(12): 2294-2304.
- [8] 高敏捷. 包装袋移动开袋装置设计及仿真优化[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2020.
- GAO M J. Design and Simulation Optimization of Packet Bag-Opening Device[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2020.
- [9] 朱槐春. 双层袋成型装置的设计与优化分析[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2020.
- ZHU H C. Design and Optimization Analysis of Double Layer Bag Forming Device[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2020.
- [10] 段海峰, 颜建, 张建强, 等. 汽车皮革部件自动化粘合工艺及设备研发[J]. 机械设计与制造, 2021(7): 295-299.
- DUAN H F, YAN J, ZHANG J Q, et al. Research and Development of Automatic Bonding Process and Equipment for Automotive Leather Parts[J]. Machinery Design & Manufacture, 2021(7): 295-299.
- [11] 杨超, 邓援超, 郝雪君, 等. 基于 TRIZ 理论的套袋机套袋装置优化设计[J]. 包装工程, 2020, 41(15): 193-199.
- YANG C, DENG Y C, HAO X J, et al. Optimal Design of Bagging Device of Bagging Machine Based on TRIZ Theory[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(15): 193-199.
- [12] 陈昌伟. 高可靠性非覆膜热切编织袋自动装袋方法研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2017.
- CHEN C W. Research of the High-reliability Automatic Filling Method for Sticky Woven Bag of Single Layer[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2017.
- [13] 王嵩, 张秋菊, 陈中杰. 大袋包装机真空吸袋装置吸附能力研究[J]. 包装工程, 2015, 36(17): 61-66.
- WANG S, ZHANG Q J, CHEN Z J. Adsorption Capacity of Vacuum-Sucking Device of Packaging Machine for Heavy-Duty Bags[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(17): 61-66.
- [14] 邱光军, 黄兴元, 柳和生, 等. 粉料充填包装的自动取袋、开袋机构设计与运动仿真分析[J]. 包装与食品机械, 2023, 41(3): 101-106.
- QIU G J, HUANG X Y, LIU H S, et al. Design and Motion Simulation Analysis of Automatic Bag Picking and Bag Opening Mechanism for Powder Filling and Packaging[J]. Packaging and Food Machinery, 2023, 41(3): 101-106.
- [15] 聂俊峰, 王涛, 许英南, 等. 柔性吸盘真空吸附性能试验[J]. 液压与气动, 2020, 44(5): 131-137.
- NIE J F, WANG T, XU Y N, et al. Vacuum Adsorption Test of Flexible Suction Cup[J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2020, 44(5): 131-137.
- [16] HE G, MUSER M H, ROBBINS M O. Adsorbed Layers and the Origin of Static Friction[J]. Scanning, 1999, 284(5420): 1650-1652.
- [17] LI X J, YAN X, ZHANG Z Q, et al. Determination of Hot Stamping Friction Coefficient of 7075 Aluminum[J]. Metals, 2021, 11(7): 1111.
- [18] 高焱. 弹性密封振动减摩特性及其在气缸中的应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
- GAO H. Research on the Characteristics Of Vibration-assisted Friction Reduction of Elastic Sealing and Its Application in Pneumatic Cylinder[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2017.
- [19] 魏义慧, 张宇静, 邓辉话, 等. 高熔融指数聚乙烯母粒的制备及其红外透射熔喷材料的可纺性[J]. 纺织学报, 2024, 45(2): 28-35.
- WEI Y H, ZHANG Y J, DENG H H, et al. Preparation of High Melt Flowing Index Polyethylene Masterbatch and Spinnability of Infrared Melt-Blown Nonwovens[J]. Journal of Textile Research, 2024, 45(2): 28-35.
- [20] 张续. 新型反应型聚氨酯(PUR)热熔胶的制备与性能研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2020.
- ZHANG X. Preparation and Properties of New Type Reactive Polyurethane Hot Melt Adhesive (PUR)[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2020.